

BEST AVAILABLE COPY

(6)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-337239

(43)Date of publication of application : 07.12.2001

(51)Int.Cl.

G02B 6/122
G02B 6/13

(21)Application number : 2000-159837

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 30.05.2000

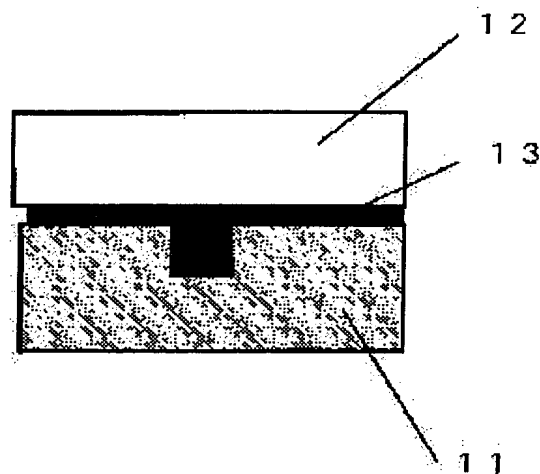
(72)Inventor : KORENAGA TSUGUHIRO
ASAKURA HIROYUKI
IIIDA MASANORI
SHIMADA MIKIHIRO

(54) OPTICAL WAVEGUIDE AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve problems that an optical waveguide is very expensive because core patterning by plural times of thin film laminations and semiconductor processes is performed and also constitution and a manufacturing method for a new optical waveguide preparing both economical efficiency and performance are indispensable for a spread of optical communication.

SOLUTION: A transparent substrate having a groove shaped optical waveguide pattern is stuck to a flat and smooth transparent substrate by an adhesive layer served also as a core material, and the thickness of the adhesive layer is formed into a prescribed thickness or less. Thus, the optical waveguide free from problems practically is obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.05.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 30.06.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-337239
(P2001-337239A)

(43) 公開日 平成13年12月7日 (2001.12.7)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 2 B 6/122
6/13

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

データベース (参考)

A 2 H 0 4 7
M

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-159837 (P2000-159837)

(22) 出願日 平成12年5月30日 (2000.5.30)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 是永 継博

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 朝倉 宏之

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

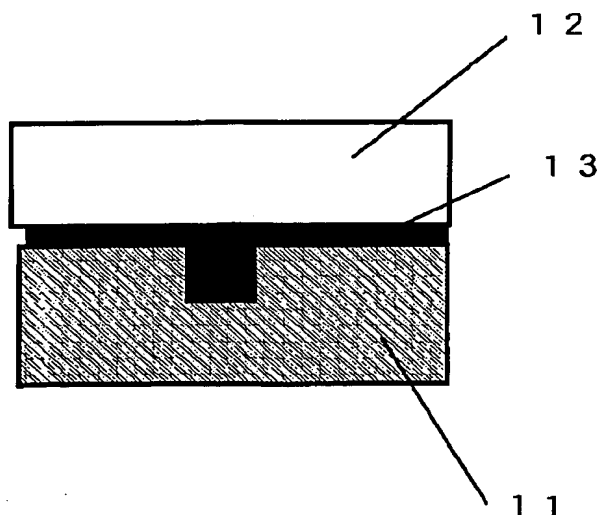
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波路およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 現状、光導波路は複数回の薄膜積層と半導体プロセスによるコアパターニングが行われており非常に高コストである。光通信の普及には経済性と性能を兼ね備えた新しい光導波路構成、製造方法が不可欠であった。

【解決手段】 溝状の光導波路パターンを備えた透明基板と平滑な透明基板をコア材料を兼ねた接着層で貼り合わせ、接着層の厚みを所定厚み以下にすることで実用上問題のない光導波路を提供する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光導波路溝を表面に備えた第 1 の光学部材と、前記光学部材と同等の屈折率を有する第 2 の光学部材が、接着性を備えた相対的に高屈折率の樹脂で貼り合わされた構成であり、前記光導波路溝が前記樹脂で埋め込まれ、前記第 1 の光学部材と前記第 2 の光学部材の間に形成される前記樹脂の厚みが 3 ミクロン以下であることを特徴とする光導波路。

【請求項 2】 光導波路がシングルモード光導波路であることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 3】 第 1、第 2 の光学部材がガラス系材料、もしくは熱可塑性樹脂からなることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 4】 樹脂が UV 硬化樹脂、または熱硬化樹脂であることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 5】 光導波路溝を表面に備えた第 1 のガラス部材と、前記ガラス部材と同等の屈折率を有する第 2 のガラス部材と、前記第 1 のガラス部材と前記第 2 のガラス部材とが相対的に高屈折率の第 3 のガラス材料を介して貼り合わされた構成であり、前記光導波路溝が前記第 3 のガラス材料で埋め込まれ、前記第 1 のガラス部材と前記第 2 のガラス部材の間に形成される前記第 3 のガラス材料の厚みが 3 ミクロン以下であることを特徴とする光導波路。

【請求項 6】 凹凸状の光導波路パターンを備えた型を、加熱して軟化した第 1 の光学部材に押しつけて、前記光学部材の表面に光導波路溝を形成する工程と、前記第 1 の光学部材もしくは第 2 の光学部材のいずれかに樹脂を塗布する工程と、前記第 1 の光学部材の光導波路溝形成面と前記第 2 の光学部材を前記樹脂を介して真空中で密着させる工程と、前記樹脂を硬化させて前記第 1 の光学部材と前記第 2 の光学部材とを貼り合わせる工程を備えたことを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 7】 第 1 の光学部材、もしくは第 2 の光学部材のいずれかに樹脂を塗布する工程としてスピンコーティング、ディップコーティング、スプレーコーティングのいずれかを用いたことを特徴とする請求項 6 記載の光導波路の製造方法。

【請求項 8】 凹凸状の光導波路パターンを備えた型を、加熱して軟化した第 1 のガラス部材に押しつけて、前記光学部材の表面に光導波路溝を形成する工程と、前記第 1 のガラス部材もしくは第 2 のガラス部材のいずれかにゾルゲル層を塗布する工程と、前記第 1 のガラス部材の光導波路溝形成面と前記第 2 のガラス部材を前記ゾルゲル層を介して密着させ、高温アニールして前記ゾルゲル層をガラス化するとともに前記第 1 および第 2 のガラス部材を接合する工程を備えたことを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 9】 ゾルゲル層をコーティングする方法としてスピンコーティング、ディップコーティング、スプレ

ーコーティングのいずれかを用いたことを特徴とする請求項 8 記載の光導波路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は主として光通信などに用いられる光導波路、特にシングルモード光導波路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光通信市場の進展に伴い、光学部品には性能とコストとの両立が求められている。特に、それ自身は動作しない受動光部品に対しては、低価格化の要望が高まっている。

【0003】特に光導波路は非常に微細で正確なパターンを必要とする。とりわけシングルモードの光導波路に関してはパターン精度スペックが厳しい。このようなパターンの形成には、一般には半導体プロセスに多用されているドライエッチングが用いられる。以下、光通信用のシングルモード光導波路の製造プロセスについて図を参照しながら説明する。

【0004】図 10 は、一般的な石英系シングルモード光導波路の平面図（図 10 (a)）、および断面図（図 10 (b)：図 10 (a) の A-A 断面図）である。コア 101 はクラッド 102 よりも屈折率が高いので、特定の条件を満たす光はコアパターン内に閉じこめられて伝達される。コアを図 10 (a) のようにパターン化することにより光回路を構成できる。波長 1.3～1.55 μm 帯においては、コアは、一般には一辺が 8 μm 程度の正方形の断面を有する。コア形状、およびコア表面荒さは光の伝搬性能に大きく影響する。

【0005】図 11 は、従来の石英系光導波路の一般的な製造方法を示した工程図である（参考文献としては、例えば、河内、オプトロニクス No.8, 85, 1988）。図示した工程においては、まず、下部クラッド層を兼ねた石英基板 112 に火炎堆積法によりコア膜 111 が形成される（図 11 (a)）。なお、石英基板以外の材料の基板を用いる場合には、先に下部クラッド層を火炎堆積法にて形成しておく。次に、フォトリソグラフィおよびドライエッチングを用いることにより、コア膜を所定のパターンにパターニングする（図 11 (b)）。さらに上部クラッド層 113 を火炎堆積法により形成する（図 11 (c)）。このような方法により、低損失な光導波路が作製されてきた。

【0006】一方、近年では、光導波路材料として、石英系材料に加えて樹脂も検討されている。現状では、樹脂材料は透過性能および信頼性において石英よりも劣る。しかし、樹脂材料は成形が容易であり、また波長 6.50～850 nm 付近においては透過性能も優れており、非常に有望な光導波路材料である。具体的な樹脂材料としては、透明性に優れたポリメチルメタクリレート（PMMA）などが知られている。最近では PMMA を

ベースとして、重水素化やフッ素化を行うことにより、
1. 3~1. 55 μm の波長域で低吸収化が図られている。

【0007】樹脂材料による光導波路の製造は、主にスピコートでコア層およびクラッド層を形成し、コア層のパターニングはドライエッチングを用いる方法が一般的である。

【0008】以上のように、従来の光導波路の製造においては、石英系、樹脂とも、20ミクロン以上の厚膜であるクラッドを複数回堆積し、ドライエッチングを用いてコアを凸状にパターニングすることが行われており、複雑で多くの設備が必要なプロセスを用いているため、コスト、生産性において課題を有している。このような事情から、光導波路の製造については、様々な方法が提案されており、典型的なものの一つとして溝充填による光導波路の作製がある。

【0009】溝充填光導波路の一例は特開昭63-139304号公報、特開平8-320420号公報、あるいは特開平11-305055号公報などに記載されている。図12にその製造工程を示す。

【0010】まず、クラッドを兼ねたガラス、あるいは樹脂からなる基板121に光導波路パターンに対応した溝を形成する(図12(a))。形成方法としてはドライエッチング、型による成形などが挙げられる。生産性を考慮した場合、後者が望ましい。次に、光導波路溝をコアとするためにクラッドよりも高屈折率な材料122で埋め込む(図12(b))。この際、溝からあふれた余剰材料は除去する(図12(c))。最後にコアの上からクラッド123を形成することで光導波路が完成する(図12(d))。

【0011】このような方法によれば厚膜クラッド形成、コアのドライエッチングにより作製する従来方法に比べ、低コスト化、高生産性が期待できる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図12のような溝充填光導波路の製造工程においてはコア材料充填時の余剰な材料を除去する工程を含んでいる。これは溝以外に余剰な高屈折率材料が存在すると、コアに閉じこめられた光が余剰部分に漏れると一般的に考えられているためである。しかしながら、余剰材料の除去はかなり工程上負担がある。

【0013】例えばコア材料が石英系のガラス材料である場合、光導波路溝にコアを充填する方法としては火炎堆積法、CVD、真空蒸着、スパッタなどが代表的である。

【0014】しかし、これらの場合、シングルモードコアに必要な8ミクロン程度の厚膜、マルチモードでは数十ミクロンもの厚膜を形成する必要があるとともに、研磨やドライエッチングで余剰部分を除去しなければならない。

【0015】シングルモードの場合、コア寸法にはサブミクロンの精度が要求されるが、研磨については研磨量が正確でないと所定寸法のコアが得られない。しかし、形成時に膜厚分布があるとともに研磨量を正確にモニタすることは困難で歩留まりに限界がある。ドライエッチングについては先にも述べたように高価な設備工程を使用するためコスト面で不利となる。

【0016】一方、コア材料に樹脂を用いた場合では、厚膜堆積についてはスピコートなどで容易に形成することは可能であるが、余剰部分の除去についてはガラスと同様、問題がある。一般に樹脂は硬度が低いものが多く、研磨面には表面に細かい傷が発生する。これは導波光の散乱原因となり性能上大きな課題となる。他にドライエッチングで余剰部分を除去することは可能であるが、先の理由でコスト上不利となる。

【0017】このように、現状提案されている溝充填による光導波路作製では余剰コア材料の除去が低コスト化、生産性向上と性能確保の両立する上で課題となっていた。

20 【0018】本発明は、上記従来の課題を解決すべく、低コスト、高生産性、高い性能を満足する光導波路を提供することを目的としている。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の光導波路は光導波路溝を表面に備えた第1の光学部材と、前記光学部材と同等の屈折率を有する第2の光学部材が、接着性を備えた、相対的に高屈折率の樹脂で貼り合わされた構成であり、前記光導波路溝が前記樹脂で埋め込まれ、前記第1の光学部材と前記第2の光学部材の間に形成される前記樹脂の厚みが3ミクロン以下であることを特徴とするものである。

【0020】本発明の光導波路は第1の基板に光導波路に対応する溝を形成後、光導波路形成面をコア材料となる接着性の樹脂を介して第2の基板と貼り合わせるもので、結果的に発生する樹脂層厚みを3ミクロン以下にすれば実用上問題のない光導波路が実現できるものである。すなわち、従来工法で行われている余剰樹脂の除去工程は必要なく、コスト、生産性の面で非常に有利なものである。

40 【0021】さらに本発明の第2の光導波路は光導波路溝を表面に備えた第1のガラス部材と、前記ガラス部材と同等の屈折率を有する第2のガラス部材と、前記第1のガラス部材、前記第2のガラス部材が相対的に高屈折率の第3のガラス材料を介して貼り合わされた構成であり、前記光導波路溝が前記第3のガラス材料で埋め込まれ、前記第1のガラス部材と前記第2のガラス部材の間に形成される前記第3のガラス材料の厚みが3ミクロン以下であることを特徴とするものである。

50 【0022】本発明の光導波路は第1の基板に光導波路に対応する溝を形成後、光導波路形成面をコア材料とな

る第3のガラス材料を介して第2の基板と貼り合わせるもので、結果的に発生するガラス層厚みを3ミクロン以下にすれば実用上問題のない光導波路が実現できるものである。すなわち、従来工法で行われている余剰ガラス層の除去工程は必要なく、コスト、生産性の面で非常に有利なものである。

【0023】本発明の光導波路の製造方法は、凹凸状の光導波路パターンを備えた型を、加熱して軟化した第1の光学部材に押しつけて、前記光学部材の表面に光導波路溝を形成する工程と、前記第1の光学部材、もしくは第2の光学部材のいずれかに樹脂を塗布する工程と、前記第1の光学部材の光導波路溝形成面と前記第2の光学部材を前記樹脂を介して真空下で密着させる工程と、前記樹脂を硬化させて前記第1の光学部材、前記第2の光学部材を貼り合わせる工程を備えたことを特徴とするものである。

【0024】光導波路溝を型押し成形により作製することで低コスト化、生産性面にひじょうに有利である。さらに光導波路溝形成面、または第2の光学部材の貼り合わせ面に樹脂を塗布後、真空下で第1の光学部材と第2の光学部材を密着させることにより、気泡が入ることなく薄い樹脂層を形成できる。

【0025】さらに本発明の第2光導波路の製造方法は凹凸状の光導波路パターンを備えた型を、加熱して軟化した第1のガラス部材に押しつけて、前記光学部材の表面に光導波路溝を形成する工程と前記第1のガラス部材、もしくは第2のガラス部材のいずれかにゾルゲル層を塗布する工程と、前記第1のガラス部材の光導波路溝形成面と前記第2のガラス部材を前記ゾルゲル層を介して密着させ、高温アニールして前記ゾルゲル層をガラス化するとともに前記第1、第2のガラス部材を接合する工程を備えたことを特徴とするものである。

【0026】光導波路溝を型押し成形により作製することで低コスト化、生産性面にひじょうに有利である。さらに光導波路溝形成面、または第2の光学部材の貼り合わせ面にガラスのゾルゲル層を塗布後、真空下で第1の光学部材と第2の光学部材を密着させることにより、気泡が入ることなく薄いゾルゲル層を形成できる。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら、本発明の好ましい形態について説明する。

【0028】（実施の形態1）図1は本発明の実施の形態1における光導波路の断面構成を示している。光導波路溝が形成された非晶質ポリオレフィン系樹脂基板11、同じ材料からなる平滑な樹脂基板12、エポキシ系のUV硬化樹脂13よりなっている。UV硬化樹脂13は接着層を有している。光導波路コアの寸法は6ミクロン角、コアとクラッドの屈折率差、すなわち樹脂基板11、12とUV硬化樹脂13の屈折率差は0.25%である。このような光導波路は波長1.3ミクロンでシ

ングルモードとなる。

【0029】図1の光導波路の製造方法の一例を図2に示す。図3は今回用いたプレス成形装置を示している。

【0030】図2において、まず(a)のように熱可塑性をもつ非晶質ポリオレフィン樹脂基板21に光導波路に対応する溝をプレス成形を用いて形成した。詳細を図3を用いて説明する。

【0031】図3のプレス成形装置は上下1対のヒーターブロック31、32を備えている。上部ヒーターブロック31は上下方向に可動であり、下部ヒーターブロック32は固定である。上型33は20ミリ角サイズの石英からなり、平面状の転写面にはドライエッチングによって微細加工された凸状の光導波路パターンを備えている。導波路パターンの断面サイズは6ミクロン角である。成形されるポリオレフィン基板34はガラス転移温度140℃で荷重たわみ温度は123℃である。基板サイズは8ミリ角で下部ヒーターブロック32上に固定された平面状の下型35の上に設置されている。基板34は下型35に真空チャックにより固定されている。

【0032】光導波路溝転写については以下の方法で行った。

【0033】成形機に上型である石英型33と被加工物である樹脂基板34とを石英型33の転写面が樹脂基板34に接するように重ねて配置した。この状態で上下のヒーターブロック31、32に通電し樹脂基板34を180℃に加熱して軟化させ、石英型33が固定された上部ヒーターブロック31を下方に動かして押圧した。石英型33の凸パターンが樹脂基板34に食い込んだ状態で上下のヒーター通電を制御してヒーター温度を150℃に下げ、これから上部ヒーターブロック31を引き上げて上型33を樹脂基板34から強制的に引き離した。このとき、樹脂基板34は真空チャックによって下型35に固定されており、歪みや変形をすることなく上型33から抵抗なく離れた。その後、樹脂基板34は室温付近まで冷却され成形機から取り出された。

【0034】取り出した樹脂基板の表面及び断面を光学顕微鏡、電子顕微鏡にて観察したところ約20mmφの樹脂基板全面にわたって、石英型の凸パターンが正確に転写された微細パターンの溝が確認できた。

【0035】次に図2(b)のように加工していない平滑な樹脂基板22にエポキシ系のUV硬化樹脂23を塗布した。塗布はスピンコーティングで、その際回転数は500~7000rpmの範囲で行った。樹脂の粘度は500センチポイズ(cps)であった。

【0036】次に図4のような真空チャンバ43の中に光導波路溝を成形した樹脂基板41とUV硬化樹脂を塗布した樹脂基板42をセットし、真空ポンプでチャンバ内を十分排気した後、両基板を密着させた。この際の押しつけ力は1kg/cm²とした。

【0037】この後、チャンバを大気開放して一体とな

った両基板を取り出し、紫外線ランプに約30分間照射させることによってUV樹脂を硬化させた(図2

(c))。樹脂硬化後、光学顕微鏡観察した結果、樹脂部分には気泡は全く見られなかった。

【0038】このようにして貼り合わせた光導波路サンプルを数カ所、ダイシングで切り出し、断面を電子顕微鏡で観察したところ、接着層の厚みは約1.5ミクロン、2センチ角内での厚み分布は±0.3ミクロン以下であった。なお、接着層の厚みはスピンコーティング時の回転数には依存せず、低速回転で塗布した場合ほど基板周辺部に多く余剰樹脂がはみ出していた。

【0039】このようにして作製したシングルモード光導波路にシングルモードの石英系光ファイバを接続した場合、波長1.3ミクロンにおける伝搬ロスの測定値は約0.7dB/cmであり実用上問題ないことが確認された。

【0040】次に光導波路溝を成形した樹脂基板を新たに用意し、これにディスペンサを用いて先に用いたUV硬化樹脂を滴下し、同様に真空中で平滑樹脂基板と貼り合わせたのち大気中で取り出し、紫外線を照射してUV樹脂を硬化させた。ディスペンサからの滴下量を制御することで光導波路溝近傍の接着層厚みが1ミクロンから6ミクロンまで1ミクロンずつ変化させて、貼り合わせ型の光導波路を作製した。光導波路のパターンは図5に示すようなY分岐光導波路(コア51、クラッド52)とした。分岐角は2°、分岐後の曲がり導波路の曲率半径は50mmである。接着層に気泡は見られなかった。

【0041】このようにして作製したY分岐光導波路にシングルモード光ファイバを接続し、一方の分岐端における出力光量を評価した。その結果を図6に示す。

【0042】図6より、接着層厚さが3ミクロン以下であれば分岐後の伝搬光量はほぼ一定で実用上問題ないことが確認された。接着層が3ミクロンを越えるとコア部分以外にリークしているものと思われる。

【0043】なお、光通信用のシングルモード導波路としてよく用いられる4ミクロンから8ミクロンのコアサイズをもつ光導波路について同様の検討を行った。個々のコアサイズに対してはシングルモードとなるように比屈折率も適宜調整して作製した。作製した光導波路サンプルを評価した結果、同じように3ミクロン以内の接着層であれば実用可能であることが確認できた。

【0044】なお、本実施の形態では光導波路溝のみ成形されたパターンについて示した。このようなパターン以外に図7のような断面パターンを有する直線導波路についても同様の検討を行った。この断面では光導波路溝71と余剰溝72は数十ミクロン以上離れており、余剰溝はシングルモード光導波路の導波性能には全く無関係である。

【0045】このような断面を有する樹脂基板と平滑な樹脂基板を準備し、平滑樹脂基板にスピンコーティング

などでUV硬化樹脂を塗布し真空中で貼り合わせた。図7のような断面であれば光導波路溝近傍のみが、平滑基板に接触するため、光導波路溝付近の接着層厚みが薄くなることが考えられた。

【0046】しかしながらこのようにして基板を密着させ、紫外線を照射して硬化させた結果、光導波路溝内にある樹脂の一部にクラックが発生した。

【0047】このクラックは余剰溝に存在する樹脂の厚みが厚くなるほど顕著であり、平滑基板へのUV樹脂の塗布厚を薄くすることによって発生を抑制することができた。

【0048】このようなクラックの発生原因はUV硬化樹脂の硬化収縮による応力であることが考えられる。余剰溝内の樹脂の収縮により光導波路溝内の樹脂は引っ張られる。一方、光導波路溝内の樹脂自身も硬化に伴う収縮が起きるため、光導波路溝内の樹脂に局部的に大きな応力がかかり、クラックが発生したと考えられる。

【0049】これにより、図1の貼りあわせ導波路においては、本来必要な光導波路溝以外に、余剰な溝を設けないほうが望ましい。また、設けたとしてもスピンコーティングでの樹脂塗布量を減らすなどして余剰部分に存在する樹脂厚を薄くすべきであると思われる。

【0050】なお、本実施の形態ではUV樹脂の塗布にはスピンコーティング、ディスペンサによる滴下を示したが、樹脂層厚みの均一性の面ではスピンコーティング、ディップコーティング、スプレーコーティングが望ましい。

【0051】また、コアに用いる樹脂はUV硬化樹脂、または熱硬化樹脂が生産性の観点から望ましいが使用波長で透明で所定の屈折率を持てばよく、例えばフッ素化ポリイミドなどの樹脂でも構わない。

【0052】また、接着厚を3ミクロン以下にするには樹脂粘度を2000cps以下にすることが望ましい。また、コア樹脂の塗布については平滑基板側だけでなく、溝形成基板側にも実施しても問題ないことを確認している。

【0053】なお、本実施の形態では光導波路溝が形成にはプレス成形を用いた。プレス成形が生産性の観点からは望ましいが、エッチングなどで形成しても構わない。

【0054】また、溝が形成される基板を非晶質ポリオレフィン系の樹脂としたがこれに限るものでない。プレス成形が可能な熱可塑性樹脂やガラスなどが最も望ましいが、フッ素化ポリイミドなどの熱可塑性がない樹脂を用いても良い。この場合はドライエッチングを用いれば光導波路溝の加工が可能である。

【0055】なお、本発明はシングルモード光導波路について最も有効であるが、マルチモード導波路についても適用できることを付け加えておく。

【0056】(実施の形態2)以下、本発明の好ましい

実施の形態について説明する。

【0057】図8は本発明の実施の形態2における光導波路の断面構成を示している。光導波路溝が形成されたガラス基板81、同じ材料からなる平滑なガラス基板82、第2のガラス材料層83よりなっている。光導波路コアの寸法は6ミクロン角、コアとクラッドの屈折率差、すなわち成形されたガラス基板81、82とガラス材料層83の比屈折率差は0.25%である。このような光導波路は波長1.3ミクロンでシングルモードとなる。

【0058】図8の光導波路の製造方法の一例を図9に示す。

【0059】図9において、まず図9(a)のようにガラス基板91に光導波路に対応する溝をプレス成形を用いて形成した。成形工法は実施の形態1と同様にプレス成形を用いた。ここでは詳細は省くが、型に保護コーティングを施し、600℃程度に加熱してプレス成形を不活性ガス雰囲気で行えば、ガラス材料に対しても微細パターン転写が可能である。

【0060】次に図9(b)のように加工していない平滑なガラス基板92にシリコンを主成分とする金属アルコラート(金属とアルコールの塩)を溶解したゾル液93を塗布した。塗布はスピコーティングで、その際回転数は500~7000rpmの範囲で行った。なお、ゾル液は急速なゲル化を抑制するために有機高分子を添加していることが望ましい。

【0061】次に図4と同等の設備で光導波路溝を成形したガラス基板とゾル液を塗布したガラス基板を真空中で密着させた。この際の押しつけ力は1kg/cm²とした。この後、チャンバを大気開放して一体となった両基板を取り出し、放置してゾル膜をゲル化させた後、500℃程度で焼成して膜をガラス化することにより(図9(c))、図8のような貼り合わせ光導波路を作製した。光学顕微鏡観察した結果、ガラス膜部分は無色透明で気泡や異物などは全く見られなかった。

【0062】このようにして貼り合わせた光導波路サンプルを数カ所、ダイシングで切り出し、断面を電子顕微鏡で観察したところ、ガラス層の厚みは約0.9ミクロン、2センチ角内での厚み分布は±0.2ミクロン以下であった。なお、ガラス層の厚みはスピコーティング時の回転数には依存しなかった。

【0063】このようにして作製したシングルモード光導波路にシングルモードの石英系光ファイバを接続した場合、波長1.3ミクロンにおける伝搬ロスの測定値は約0.4dB/cmであり実用上問題ないことが確認された。

【0064】本実施の形態での光導波路を実施の形態1と同様にゾル膜をディスペンサから滴下しガラス層の厚みを1ミクロンから6ミクロンまで1ミクロンずつ変化させて、貼り合わせ型の光導波路を作製した。光導波路

のパターンは図5に示すようなy分岐光導波路とした。分岐角は2°、分岐後の曲がり導波路の曲率半径は50mmである。

【0065】このようにして作製したy分岐光導波路にシングルモード光ファイバを接続し、一方の分岐端における出力光量を評価した結果、図6と同様にガラス層厚さが3ミクロン以下であれば分岐後の伝搬光量はほぼ一定で実用上問題ないことが確認された。

【0066】また、光通信用のシングルモード導波路としてよく用いられる4ミクロンから8ミクロンのコアサイズをもつ光導波路について同様の検討を行い、3ミクロン以内のガラス層であれば実用可能であることが確認できた。

【0067】図8の貼り合わせ導波路においては、本来必要な光導波路溝以外に、余剰溝を設けないほうが望ましい。実施の形態1と同様の理由でゲル膜のガラス化の際に収縮が起こるため、大きな応力が発生するからである。もし、余剰溝を設けたとしてもスピコーティングでのゾル膜塗布量を減らすなどして余剰部分に存在するゾル膜厚を薄くすべきであると思われる。

【0068】なお、本実施の形態ではゾル膜の塗布にはスピコーティング、ディスペンサによる滴下を示したが、厚みの均一性の面ではスピコーティング、ディップコーティング、スプレーコーティングが望ましい。

【0069】また、コアに用いる材料は使用波長で透明で所定の屈折率を持ち、液状で貼り合わせ時に薄くできるガラス材料であればよい。

【0070】また、接着厚を3ミクロン以下にするにはゾル粘度を2000cps以下にすることが望ましい。また、塗布については平滑基板側だけでなく、溝形成基板側にも実施しても問題ないことを確認している。

【0071】なお、本実施の形態では光導波路溝が形成にはプレス成形を用いた。プレス成形が生産性の観点からは望ましいが、エッチングなどで形成しても構わない。

【0072】なお、本発明はシングルモード光導波路について最も有効であるが、マルチモード導波路についても適用できることを付け加えておく。

【0073】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光導波路は溝形成、コア材料塗布、貼り合わせという簡単な工程で作製できる。シングルモード光導波路として実用性能、経済性、生産性を兼ね備えており非常に有用である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1における光導波路の断面図

【図2】(a)~(c)は同実施の形態における光導波路の製造工程を示す図

【図3】同実施の形態にて光導波路の製造に用いたプレ

11

ス成形機の構成を示す図

【図 4】 同実施の形態にて光導波路の製造に用いた真空貼り合わせ装置の構成を示す図

【図 5】 (a) 同実施の形態にて光導波路の性能評価に用いた y 分岐光導波路の平面図

(b) 同実施の形態にて光導波路の性能評価に用いた y 分岐光導波路の A-A 断面図

【図 6】 本発明の光導波路における接着層厚みと y 分岐後の出力光量の実験データを示す図

【図 7】 同実施の形態にて検討した光導波路溝と余剰溝を同時に有するパターンの断面図

【図 8】 本発明の実施の形態 2 における光導波路の断面図

【図 9】 (a) ~ (c) は同実施の形態における光導波路の製造工程を示す図

【図 10】 (a) 一般的なシングルモード光導波路の平面図

(b) 一般的なシングルモード光導波路の断面図

【図 11】 (a) ~ (c) は従来の一般的な光導波路の製造方法を示す工程図

【図 12】 (a) ~ (d) は従来の溝充填による光導波

12

路の製造方法を示す工程図

【符号の説明】

11, 12, 21, 22, 41, 42 樹脂基板

13, 23 UV硬化樹脂

31 上部ヒーターブロック

32 下部ヒーターブロック

33 上型 (石英型)

34 樹脂基板 34

35 下型

43 真空チャンバ

51, 101 コア

52, 102, 123 クラッド

71 光導波路溝

72 余剰溝

81, 82, 91, 92 ガラス基板

83 ガラス材料層

111 コア膜

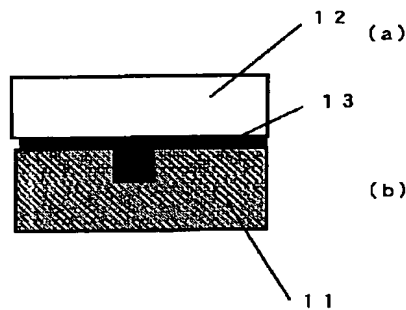
112 石英基板

121 基板

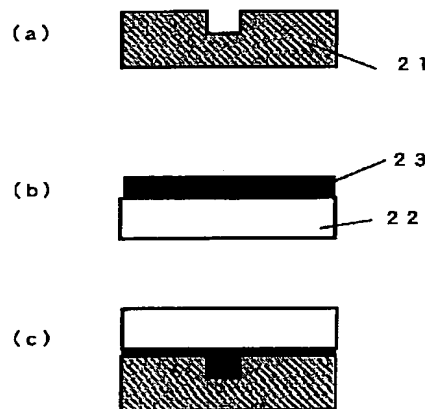
122 クラッドよりも高屈折率な材料

113 クラッド層

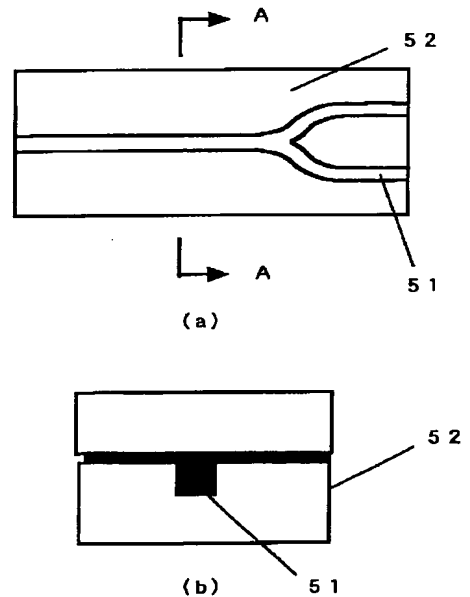
【図 1】



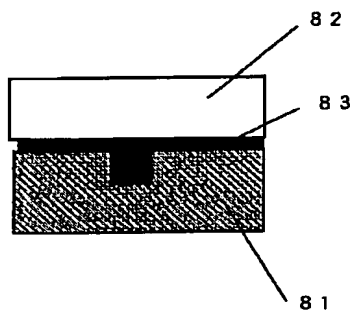
【図 2】



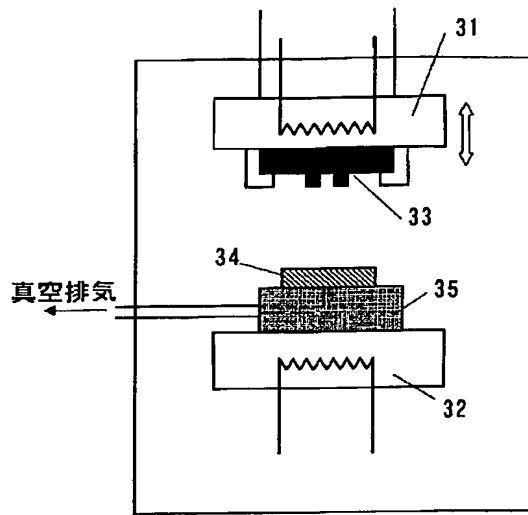
【図 5】



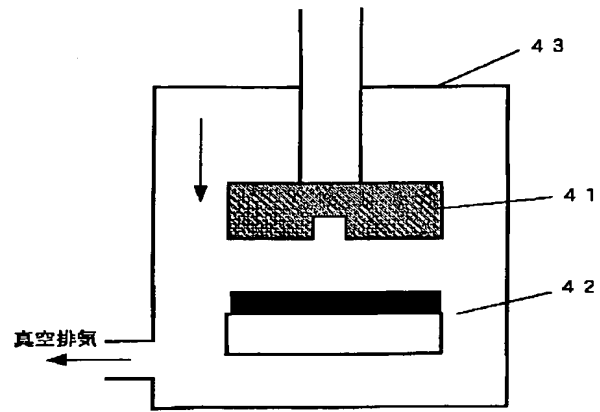
【図 8】



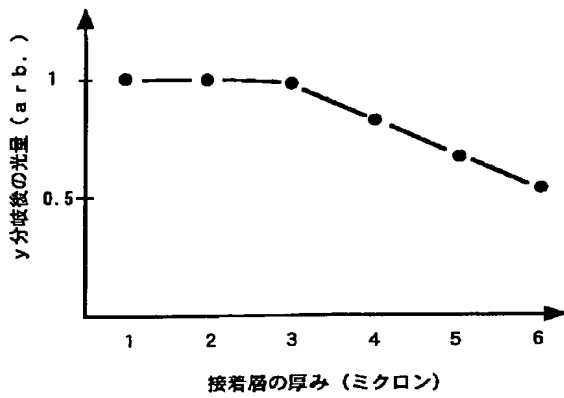
【図3】



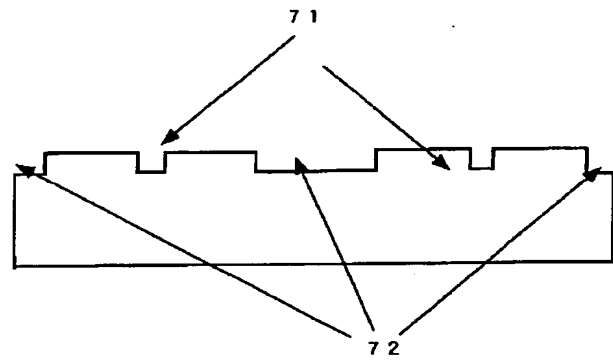
【図4】



【図6】

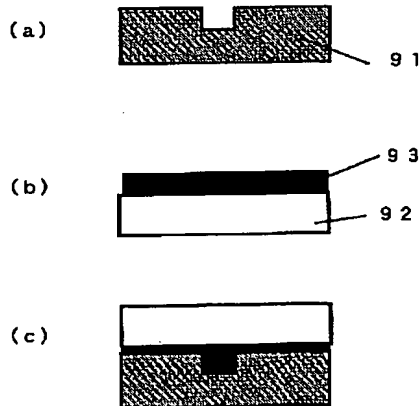


【図7】

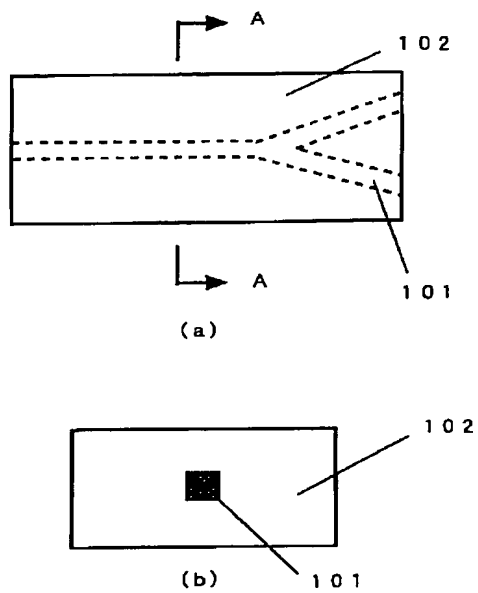


【図11】

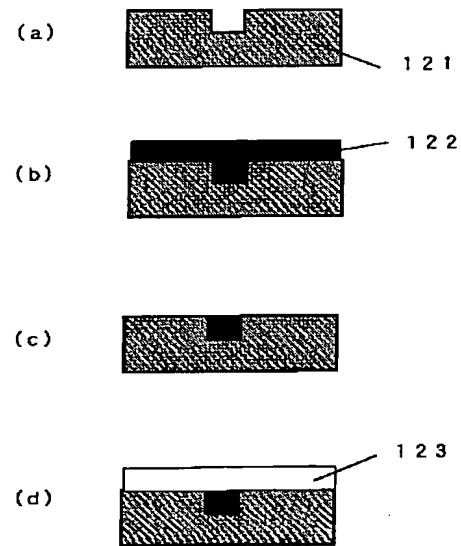
【図9】



【図10】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 飯田 正憲
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 嶋田 幹大
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

Fターム(参考) 2H047 KA04 PA01 PA02 PA24 PA26
PA28 QA04 QA05 QA07 TA44

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.